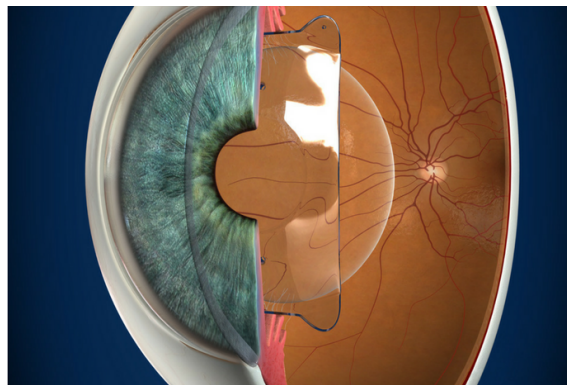




**GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA**

## **ACTUALITZACIÓ EN EL DISSENY DE LENTS INTRAOCULARS MULTIFOCALS**

---



**KUN ALDAMA PRUNES**

**DIRECTORES DEL TREBALL**  
Rosa Borràs i Elvira Peris  
Departament d'Òptica i Optometria

**10 MAIG 2018**



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

Les Srs. Elvira Peris i Rosa Borràs, com a tutor/s i director/s del treball,

### CERTIFICA/CERTIFIQUEN

Que la Sra. Kun Aldama Prunés ha realitzat sota la seva supervisió el treball “Actualització en el disseny de les lents Intraoculars Multifocals” que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signo/em aquest certificat.

Sr/a Elvira Peris

Sr/a Rosa Borràs

Director/a del TFG

Director/a del TFG

Terrassa, 10 de Maig de 2018



## Agraïments

A la meva família per haver-me ajudat en tot el que feia falta i haver confiat sempre en mi.  
Tots els companys que m'han acompanyat aquest llarg viatge i que per sort han acabat sent amics.

A les meves professores Rosa Borràs i Elvira Peris, per tota la paciència i dedicació que han tingut amb mi. I també als meus professors del CUV per tot el que he après d'ells, i per tots els moments bons que han compensat els dolents.

Sense ells no hagués estat possible.



## GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

# ACTUALITZACIÓ EN EL DISSENY DE LENTS INTRAOCULARS MULTIFOCALS

## RESUM

Al llarg de la vida el sistema visual experimenta canvis tant funcionals com estructurals. Els principals canvis dels que podem parlar són: pèrdua de la capacitat acomodativa (presbícia) i pèrdua de transparència del cristal·lí (cataractes).

Amb la cirurgia de cataractes aconseguim extreure el cristal·lí, aquest el substituïm per una lent intraocular, que és una lent artificial transparent que s'implanta dins del globus ocular.

Tenim diferents tipus de lents intraoculars, les podem diferenciar entre lents fàquiques i pseudofàquiques, en funció del disseny òptic tenim les lents monofocals esfèriques i asfèriques i les lents intraoculars multifocals, que aquestes han tingut un avanç molt significatiu, ja que podem trobar moltes variants, ja sigui com les bifocals, trifocals, acomodatives, etc...

Podem dir que l'objectiu de les lents intraoculars és aconseguir que els pacients siguin menys dependents de les ulleres a partir de la cirurgia, donada l'agudesia visual sense correcció que s'aconsegueix, podem dir que són una via exitosa especialment per l'agudesia visual llunyana.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# ACTUALITZACIÓ EN EL DISSENY DE LENTS INTRAOCULARS MULTIFOCALS

### RESUMEN

A lo largo de la vida el sistema visual experimenta cambios tanto funcionales como estructurales. Los principales cambios de los que podemos hablar son: pérdida de la capacidad acomodativa (presbicia) y pérdida de transparencia del cristalino (cataratas).

Con la cirugía de cataratas conseguimos extraer el cristalino, éste lo sustituimos por una lente intraocular, que es una lente artificial transparente que se implanta dentro del globo ocular.

Tenemos diferentes tipos de lentes intraoculares, las podemos diferenciar entre lentes fásicas y pseudofásicas, en función del diseño óptico tenemos las lentes monofocales esféricas y esféricas y las lentes intraoculares multifocales, que éstas han tenido un avance muy significativo, ya que podemos encontrar muchas variantes, ya sea como las bifocales, trifocales, acomodativas, etc ...

Podemos decir que el objetivo de las lentes intraoculares es conseguir que los pacientes sean menos dependientes de las gafas a partir de la cirugía, dada la agudeza visual sin corrección que se consigue, podemos decir que son una vía exitosa especialmente por el agudeza visual lejana.



## GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

# ACTUALITZACIÓ EN EL DISSENY DE LENTS INTRAOCULARS MULTIFOCALS

### ABSTRACT

Throughout life, the visual system undergoes both functional and structural changes. The main changes we can talk about are: loss of accommodative capacity (presbyopia) and loss of crystalline transparency (cataracts).

With cataract surgery we replace the extracted lens with an intraocular lens, which is a transparent artificial lens that is implanted inside the eyeball.

We have different types of intraocular lenses; we can differentiate between phakic and pseudophakic lenses; we have the spherical, aspheric monofocals lenses and the multifocal intraocular lenses depending on the optical design, which have had a very significant progress since there are many options, either as bifocal, trifocal, accommodative, etc. It can be said that the objective of intraocular lenses is to make patients less dependent on glasses from surgery, given the visual acuity without correction that is achieved; this is a successful route especially for far visual acuity.



## GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

# ACTUALITZACIÓ EN EL DISSENY DE LENTS INTRAOCULARS MULTIFOCALS

### ABSTRACT

Throughout life, the visual system undergoes both functional and structural changes. The main changes we can talk about are: loss of accommodative capacity (presbyopia) and loss of crystalline transparency (cataracts).

Presbyopia is a physiological condition that prevents the realization of work in close vision due to a gradual loss of the accommodative capacity causing insufficient accommodation to be able to see the objects in close proximity focused. This reduction of accommodation is produced from the moment of birth, but the symptoms appear after 40-45 years because the maximum accommodation is not enough to see it conveniently in near distances.

On the other hand, we have the cataract, which is a loss of crystalline transparency, that can be caused by several causes, the most common of all is age-related crystalline aging (senile cataract). For this reason, the senile cataract and the presbyopia go together. Every patient with senile cataract has a higher or lower degree of presbyopia. Undoubtedly, presbyopia does not necessarily have cataracts. There are different types of cataracts, such as, for example, where we have the crystalline lens: a subcapsular cataract that begins below the capsule, a nuclear cataract that is most associated with age and the cortical cataract. And on the other hand, according to its origin, such as: senile cataract, congenital, secondary and traumatic.

Cataract surgery is a surgical intervention in order to extract the crystalline lens when it is no longer transparent. It is an intervention that has evolved a lot since its inception to the present day. The material they used in the beginning is PMMA, which is still used today.





Intraocular lenses were discovered in World War II thanks to Ridley, who from plastic parts of the windshield of the combat aircraft saw such that after breaking and impacting in the eyes of the soldiers, they were embedded in the balloon eyed and were perfectly tolerable.

In addition to the modifications to the design of the IOL aimed at the compensation of aberrations, the development of new models has also been aimed at finding new features such as accommodative and multifocal designs. The accommodative LIOs provide a good vision at different distances as they allow the lens to adjust to the focus by changing its position with respect to the cornea. This latest technology is based on the fact that the ciliary muscle of an elderly person still has functionality that is not the same with the crystalline, since with age it loses its elasticity and its ability to accommodate. Unlike intraocular lenses that are accommodative, multifocal intraocular lenses simultaneously induce a focus for distant vision and another for near vision and it is the brain that selects the sharpest of the two and suppresses the other, depending on where they look at it patient The general optical principles used by multifocal IOLs are refraction and diffraction. Sometimes it will be every phenomenon separately what acts, and in others they will do it together. The refractive lens are formed by concentric rings that alter the vision closely with that of far and this is achieved by varying the radius of curvature of the different rings. Diffractive lenses are made up of concentrated rings where stitches are cut that allow the light entering the lens to diffract by creating two focuses, one for the vision from afar and the other for close vision.

From here, we can call the LIO's multifocals pseudoacomodatives, they are identical in their morphology to single-lens lenses; an optical part and hiccups that can have different forms. What changes in these lenses is the optics, which have a design designed to achieve multifocality through two different technologies: diffractive and refractive technology.

We can also find bifocal multifocal lenses, which, as its name suggests, are Intraocular Lenses that have two focal points, one to see from afar and another with addition to see closely, and trifocals that the operating principle is the same as that of the multifocal bifocal intraocular lens. The difference is in the addition of another focus more to reinforce visual quality at intermediate distances.

On the other hand, we have the accommodative intraocular lenses that are monofocal lenses that pursue the effects of approach in the middle and near vision by means of an optic



that can move along the axial axis with the contraction of the ciliary muscle, as it does the human crystalline.

Intraocular lenses can be made of different materials;

- PMMA lenses have proven to have good biocompatibility and great stability over time. The main limitation of this lens is that for its implantation it is required a large incision, which is usually approximate

- Silicone lenses are flexible, hydrophobic and biocompatible

- Hydrophobic acrylic lenses require that their biocompatibility is high and capsular opacification is low

- Hydrophilic lenses are also known as hydrogel lenses. They are soft lenses with good compatibility. They do not cause alterations, or these are minimal, after folding with tweezers for insertion. Once we have talked about the lenses, we will discuss different methods to correct presbyopia, we can find multifocal corneal ablation, which multifocality is acquired through Presbylasik, a technique that performs a corneal ablation with excimer laser. We also have conductive keratoplasty that uses the application of low frequency radio waves to "shrink" the collagen fibers of the most peripheral cornea. This causes an elevation of the central cornea that increases the refractive power of the eye (more positive). Once the different types of multifocal pseudophagic intraocular lenses are used, which are used to replace the crystalline lens of the patients with or without cataracts, and the surgical options of these lenses when implanted in the patients. We will discuss the results of these lenses, which have been shown to be excellent, however, there is also dissatisfaction with patients and the need for secondary procedures that can be significant. Some complications that we can find in the Multifocal LIOs are; reduction in vision quality, especially loss of contrast sensitivity, dysphotopsia and reduced medium and near vision. During the last decade there have been significant developments in relation to surgery for presbyopia, achieving good results but each mode has its own advantages and disadvantages. Over the next few years it is provable that we can see the introduction of different LIOs as well as the development of new treatments and technologies to provide our patients with better vision results or even the possibility of restoring their own eye comfort accommodation . If the goal of the multifocal LIOs is to make patients less dependent on their glasses after surgery, given the visual acuity without correction achieved, we can say that they are a successful way especially for visual



acuity distant. The adverse effects are also an important consideration when evaluating the success of multifocal LIOS, glare, the low quality of night vision, perception of color, halos, or blurry vision, these are some of the possible effects that are 'must be taken into account at the same time as performing a surgery in which we implement a multifocal IOL.

## ÍNDEX

1.	Introducció .....	2
2.	Estratègia de recerca .Objectiu.....	4
3.	Canvis produïts en el cristal·lí per l'edat.....	5
	3.1 Presbícia .....	6
	3.1.1 Teories de la presbícia .....	7
	3.2 Cataractes .....	11
	3.2.1 Tipus de cataracta.....	11
	3.2.2 Cirurgia de Cataractes .....	15
4.	Lents intraoculars (LIOs) .....	20
	4.1 Història de les lents intraoculars .....	20
	4.2 Classificació de les Lents intraoculars .....	24
	4.2.1 En funció del disseny òptic .....	25
	4.2.1.1 Lents Intraoculars Monofocals Esfèriques .....	25
	4.2.1.2 Lents Intraoculars Monofocals Asfèriques .....	26
	4.2.1.3 Lents Intraoculars Multifocals .....	27
	4.2.1.3.1 Lents Intraoculars Difractives .....	27
	4.2.1.3.2 Lents Intraoculars Refractives .....	28
	4.2.1.3.3 Lents Intraoculars Bifocals .....	29
	4.2.1.3.4 Lents Híbrides o combinades .....	29
	4.2.1.3.5 Lents Trifocals .....	30
	4.2.1.4 Lents Intraoculars Acomodatives .....	31
	4.2.1.5 Altres tipus de LIO's .....	32
	4.2.2 En funció del material Multifocals .....	34
5.	Correcció de la presbícia a partir d'altres mètodes .....	36
6.	Discussió.....	38
7.	Conclusions.....	44
8.	Bibliografia .....	45

# 1. INTRODUCCIÓ

Al llarg de la vida el sistema visual experimenta canvis tant funcionals com estructurals. Els principals canvis dels que podem parlar són: pèrdua de la capacitat acomodativa (presbícia) i pèrdua de transparència del cristal·lí (cataractes).

Al llarg de la història de l'oftalmologia una de les intervencions més importants és la cirurgia de les cataractes, que és l'extracció del cristal·lí. Aquest s'ha d'extreure ja que amb els anys aquesta estructura ocular perd la seva transparència, fet que impedeix mantenir una bona visió. Les cataractes i la presbícia són causades principalment per l'edat. Aquestes dues afeccions causen discapacitat visual i tenen un gran impacte en la qualitat de vida de les persones.

La cataracta és un enduriment i opacitat del cristal·lí, generalment bilateral, que produeix pèrdua progressiva de l'agudesia visual, enlluernament i disminució de la sensibilitat al contrast. És la primera causa de ceguera i discapacitat visual greu i reversible en el món. La prevalença de la cataracta s'ha convertit en un problema de salut pública, sent la cirurgia de l'extracció del cristal·lí amb implant de la lent intraocular (LIO) la única alternativa possible per a la restauració de la funció visual. Els factors als que és deu aquesta anomalia són per exemple; un excés de rajos ultraviolats, diabetis, hipertensió, obesitat, tabaquisme, ús prolongat de medicaments amb cortisona, miopies altes, etc...

Hi han tres tipus de cataractes;

- Cataracta subcapsular: La opacitat és dona en la part anterior del cristal·lí. Les persones amb diabetis o que prenen medicaments amb altes dosis d'esteroides tenen un major risc de desenvolupar aquest tipus de cataracta.

- Cataracta nuclear: La opacitat és dona en la zona central (nucli) del cristal·lí. Aquest tipus de cataracta està associada en major mesura al envelliment.

- Cataracta cortical: És caracteritza per opacitats blanques en forma de cunya que comencen en la perifèria del cristal·lí i s'estenen al centre de forma radical. Aquest tipus de cataracta és donada a la part que envolta el nucli del cristal·lí.

Per altre banda tenim la presbícia que és una de les primeres mostres significatives de l'envelliment de l'ull, el qual causa una pèrdua gradual de la capacitat d'acomodació provocant dificultat per enfocar els objectes en visió propera. Aquesta pèrdua acostuma a començar als 40 anys aproximadament encara que pot canviar en funció de les hores d'exposició a la llum solar, a la zona terrestre on es visqui i a altres factors antropomètrics. Una de les solucions més actuals perquè l'ull pugui enfocar els objectes propers sense la necessitat d'unes ulleres és la cirurgia refractiva.

Les necessitats de la societat han obligat a estudiar al llarg del temps diferents mètodes per el tractament quirúrgic de la presbícia, desenvolupant diferents tècniques com procediments corneals, com el PresbyLASIK, els implants intraoculars, la queratoplàstia conductiva, les tècniques de mono-visió i la substitució del cristal·lí, ja sigui amb lents multifocals o acomodatives. Si bé totes aquestes tècniques han demostrat millorar els símptomes de la presbícia, no totes aconsegueixen els mateixos resultats ni amb la mateixa duració. La presbícia és una conseqüència de l'envelliment natural de l'ull, i que amb el temps la seva intensitat va augmentat. Per tant, els procediments que no actuen sobre la estructura que origina la presbícia (el cristal·lí) tenen una duració il·limitada.

A això se li ha de sumar que amb l'edat el cristal·lí no només va perdent flexibilitat, sinó també augmenta la seva opacitat disminuint progressivament la visió, que aquest fenomen, com hem comentat abans, és coneix com a cataracta. És per això, que a dia d'avui, la opció que resol ambdós problemes, és l'extracció del cristal·lí (tingui cataracta o no) i la seva substitució per una lent intraocular que faci la mateixa funció.

Tradicionalment, les lents implantades després d'una cirurgia de cristal·lí han sigut lents monofocals, el que produeix una pèrdua de la capacitat d'acomodació de l'ull (que permet l'enfocament a diferents distàncies) i els pacients, per lo general, requereixen ulleres després de la cirurgia per a la lectura i les tasques en visió propera. Les lents multifocals per altre banda, tenen com a objectiu millorar la visió de lluny, intermitja i propera permetent una independència major de les ulleres per a tasques de visió propera.



## 2. ESTRATÈGIA DE RECERCA. OBJECTIU

### Objectiu genèric:

L'objectiu principal d'aquest treball final de grau és conèixer els dissenys que s'utilitzen actualment en les lents intraoculars multifocals (LIOsM).

### 3. CANVIS PRODUÏTS EN EL CRISTAL·LÍ PER L'EDAT

Durant el procés d'envelliment, es donen diversos canvis en el cristal·lí, com un augment en la curvatura de la lent, un augment en el seu grossor i una disminució en la seva capacitat d'acomodació.

**Augment del grossor del cristal·lí:** A mesura que es formen noves capes concèntriques de fibres corticals, el nucli s'endureix i es comprimeix. Degut a la descomposició proteolítica de les proteïnes del cristal·lí es produeix agregacions proteíniques d'alt pes molecular que ocasionen fluctuacions de l'índex de refracció, dispersió de la llum, pèrdua de transparència i augment de la pigmentació, produint una disminució tant de la visió com de la capacitat d'acomodació.

**Augment de la curvatura del cristal·lí:** La curvatura anterior i posterior augmenta amb l'edat. A causa d'això, el cristal·lí hauria de convertir-se en una lent més potent que permetria veure els objectes propers. El problema és que l'ull humà va perdent visió propera.

**Aberració esfèrica:** També sabem que per sobre dels 40 anys, l'aberració esfèrica induïda per el cristal·lí, que en edat jove és negativa i compensa l'aberració esfèrica positiva de la còrnia, es va convertint paulatinament en positiva i va incrementant l'aberració esfèrica total de l'ull, el que es tradueix en una disminució de l'agudesia visual. Les aberracions produeixen que la llum incident que hauria d'enfocar-se en un punt es torni borrosa, causant una reducció de la qualitat visual. Aquesta pèrdua és més acusada en condicions de baixa il·luminació, ja que l'aberració esfèrica augmenta a mesura que ho fa el diàmetre pupil·lar.

**Disminució de la capacitat d'acomodació:** L'acomodació és el mecanisme pel qual l'ull canvia el focus de les imatges llunyanes a les propers i viceversa. Aquesta capacitat es deu a un canvi en la forma del cristal·lí degut a les fibres zonulars i al múscul ciliar.

Basant-se en la teoria de Helmholtz i les aportacions de Gullstrand y Fincham actualment s'accepta, que durant l'acomodació, el múscul ciliar és contràctil i el cos ciliar es desplaça cap a



l'equador del cristal·lí. Aquest moviment del cos ciliar fa que disminueixi la tensió que la coroides fa sobre les fibres zonulars anteriors, relaxant-les i augmentant la tensió de les fibres posteriors. La relaxació de les fibres zonulars anteriors modifica la càpsula del cristal·lí que fa que augmenti el seu gruix disminuint el seu diàmetre equatorial.

La resposta de l'acomodació s'estimula segons la mida i la distància d'un objecte, la borrositat, l'aberració cromàtica i la oscil·lació del to ciliar

L'amplitud d'acomodació és el grau de valoració del poder refractiu ocular produït per la acomodació i va disminuint a mesura que l'edat augmenta, de tal manera que a l'adolescència l'amplitud d'acomodació és de 12D a 16D, que va disminuint a 4D-8D entre els 40-50 anys<sup>1</sup> i això rep el nom de presbícia.

### 3. 1 PRESBÍCIA

La presbícia és una condició fisiològica que impossibilita la realització de treballs en visió propera degut a una pèrdua gradual de la capacitat acomodativa provocant una acomodació insuficient per poder veure enfocats els objectes en visió propera. Aquesta reducció de l'acomodació és produïda des del moment del naixement, però els símptomes apareixen a partir dels 40-45 anys degut a què el màxim d'acomodació no és suficient per veure de manera còmode a distàncies properes. Encara que les causes no estan clares, està comprovat que el cristal·lí pateix varies transformacions com a conseqüència del procés natural d'envelliment que afecta principalment a la seva capacitat de deformació.<sup>2</sup>

La presbícia és un fenomen que inicialment és distint en les diferents zones del món. Per exemple; s'inicia abans en les persones que viuen a l'equador. També hi ha un altre factor que

---

<sup>1</sup> (AAO) AA of O. Capítulo 3: Fisiología. En: Cristalino y cataratas 2011 - 2012: Sección 11. Elsevier España; 2012. p. 19 - 24.

<sup>2</sup> Lizbeth Alexandra Acuña Merchán. Validez y reproducibilidad de los métodos para diagnóstico y corrección de la presbicia en personas entre 40 y 60 años de edad.

afecta a aquesta que és la temperatura ambient. Així, quant major és la temperatura externa, abans comença la presbícia.<sup>3</sup>

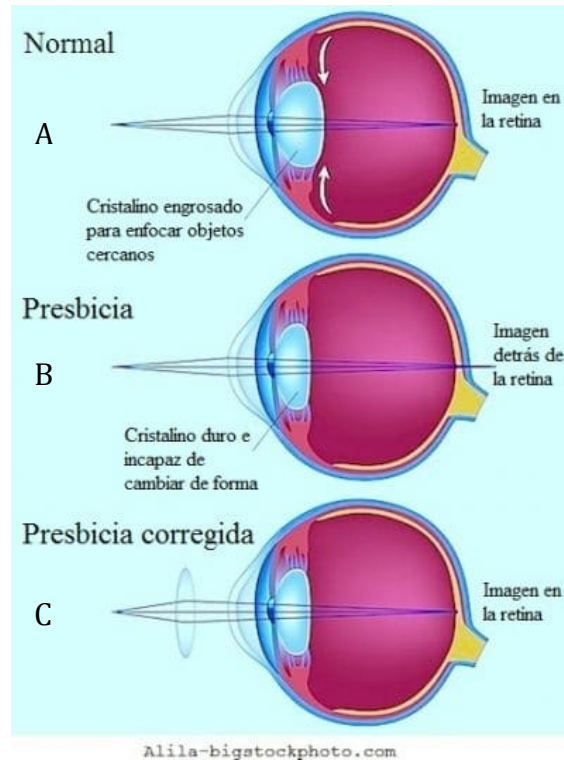


Figura 3.1: a. Formació de la imatge quan s'observa un objecte en visió propera en un ull no prèbica. b. Formació de la imatge quan s'observa un objecte en visió propera quan ja es dona la presbícia. c. Formació de la imatge d'un ull prèbica corregit amb lent intraocular. Processos del cristal·lí en la presbícia.

### 3.1.1. TEORIES DE LA PRESBÍCIA

**Esclerosi del cristal·lí:** La teoria clàssica de la presbícia (també anomenada teoria de la esclerosi lenticular), coneguda des de que es va estudiar el mecanisme de l'acomodació i la seva disminució gradual, és que el cristal·lí presenta un enduriment cada vegada major al avançar l'edat. Si el cristal·lí es torna dur, ja no pot adaptar-se a la forma necessària per l'estat d'acomodació induïda per la capsula quan s'allibera de la tensió zonular del repòs. A més a més, la substància endurida del cristal·lí tampoc pot ser estirada per la tensió zonular per a

<sup>3</sup> Weale RA. Epidemiology of refractive errors and presbyopia. *Surv Ophthalmol.* Octubre de 2003; 48(5):515-43  
Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa  
© Universitat Politècnica de Catalunya, año (...). Todos los derechos reservados

què adapti una forma aplanada en l'estat de relaxació. Així mateix, el cristal·lí queda en un estat fixe.

**Teoria geomètrica de la presbícia:** donat que amb l'edat augmenta el gruix del cristal·lí i es produeix un desplaçament zonular anterior, s'ha proposat que la presbícia pot ser la conseqüència de l'alteració de les relacions geomètriques entre cristal·lí i la zònula al avançar l'edat. En el cristal·lí de les persones joves, les connexions zonular anteriors estan més o menys a prop de l'equador del cristal·lí i poden executar una influència considerable sobre la curvatura anterior del mateix a través de les modificacions de la tensió que te lloc a l'acomodació. Aquesta teoria indicia que com a resultat de la modificació geomètrica senyalada les fibres zonulars de l'ull amb presbícia executen una força que és casi tangencial a la superfície del cristal·lí, de manera que la relaxació de la zònula executa un efecte escàs sobre la càpsula i sobre la forma del cristal·lí.

**Teoria de la des-acomodació:** Suggereix que la presbícia no es deu a un error del cristal·lí en l'acomodació, sinó més aviat a un error gradual del cristal·lí per mantenir-se sense acomodació en repòs. La base d'aquesta teoria procedeix de les probes que indiquen que les curvatures anteriors i posteriors del cristal·lí augmenten amb l'edat. Aquesta teoria sosté que, degut a l'augment del creixement del diàmetre equatorial del cristal·lí, a les relacions geomètriques zònula/cristal·lí alterades, a l'alteració en la configuració del múscul ciliar durant l'envelliment, l'aparell de l'acomodació ja no pot aplicar la tensió zonular de repòs per mantenir el cristal·lí en un estat sense acomodació. En conseqüència adapta de forma progressiva una configuració de major acomodació, i en les fases finals de la presbícia la falta d'acomodació no és deu a un error inherent en la mateixa sinó que el cristal·lí ja esta en una situació d'acomodació completa. Es diu que l'ull segueix sent emmetrop en una situació d'augment de les curvatures de la superfície del cristal·lí (la paradoxa del cristal·lí) gràcies a la compensació activa del gradient de l'índex de refracció del cristal·lí per mantenir una potència òptica constant segons avança l'edat. Encara que s'hagi demostrat la possibilitat teòrica de que existeix una alternació dependent de l'edat en el gradient de l'índex de refracció del cristal·lí, no s'ha verificat empíricament la seva existència. Aquesta teoria contradiu les observacions de que ni l'augment ni l'alliberació de la tensió zonular poden alterar la distància

focal del cristal·lí de la persona d'edat avançada, de que no existeix cap disparitat entre les curvatures de la superfície del cristal·lí i la distància focal del mateix, de que la distància focal del cristal·lí amb la presbícia no és manté constant amb l'edat i de que la forma del nucli del cristal·lí amb la presbícia és diferent de la que presenta el cristal·lí de la persona jove en situació d'acomodació.

**Teoria de Shachar:** el creixement equatorial continuat del cristal·lí és la base de la presbícia. Aquesta possibilitat és basa en la teoria revisionista de l'acomodació que aquesta indica que té lloc a través d'un increment en la tensió zonular per estirar del equador del cristal·lí cap a l'escleròtica. Aquesta teoria de la presbícia presenta molts errors, el cristal·lí segueix creixent al llarg de tota la vida tal i com queda reflexat en l'increment de la seva massa, però aquest efecte té lloc a través d'un augment en el grossor axial, sense incrementar el seu diàmetre. Com ja s'ha explicat, només s'observa un augment aparent relacionat amb l'edat amb el diàmetre quan es determina el diàmetre del cristal·lí humà aïllat, degut a que el cristal·lí aïllat sol estar en permanent situació d'acomodació, més en el de les persones joves que en el de les persones d'edat avançada. Quan es determina en viu el diàmetre del cristal·lí en l'ull del ser humà viu, es demostra que aquest valor es independent de l'edat. A més a més, si aquesta teoria de la presbícia fos correcte, l'increment en el diàmetre del cristal·lí i la seva pèrdua de la tensió zonular serien factors predicatius de l'aparició de micra fluctuacions de l'acomodació més pronunciades en els ulls d'edat avançada a conseqüència d'una disminució en l'estabilitat del cristal·lí. Sens dubte les micra fluctuacions de l'acomodació són més pronunciades en els ulls de les persones joves, mentre que no s'observen en absolut en les persones amb presbícia. no existeix una confirmació independent d'aquest mecanisme revisionista de l'acomodació, en els intents de verificar-lo no s'han obtingut proves que el recolzin. Aquesta teoria serveix com fonament per a la realització de la expansió escleral com procediment pel restabliment de l'acomodació, sens dubte en l'evolució objectiva d'aquests pacients no s'ha trobat cap evidència del restabliment de l'acomodació.

**Teoria multifactorial de la presbícia:** donada la preponderància de les proves dels canvis que tenen lloc amb l'edat en diferents aspectes de les estructures de l'aparell de l'acomodació de l'ull, s'ha proposat que la presbícia no es deu a un sol factor casual sinó a un deteriorament



global de la funció acomodativa de varis o nombrosos aspectes de l'aparell d'acomodació. Aquesta teoria multifactorial de la presbícia s'oposa a l'existència d'un sol factor, com la esclerosis lenticular o l'enduriment o la pèrdua de la contractilitat del múscul ciliar, per exemple, que constitueixi la causa més significativa de la pèrdua de l'acomodació per sobre d'un altre canvi relacionat amb l'edat.

## 3.2 CATARACTES

S'anomena cataracta a la pèrdua de transparència del cristal·lí, que pot donar-se a diverses causes, la més comuna de totes és l'envelliment del cristal·lí lligat a l'edat (cataracta senil). Per això, la cataracta senil i la presbícia van units. Tot pacient amb cataracta senil té major o menor grau de presbícia. Sens dubte, els prèsbites no necessàriament tenen cataractes.

Les cataractes per lo general es desenvolupen de forma lenta i sense dolor. De fet, és possible que el pacient ni tant sols és doni conta de que la seva visió està canviant. La cataracta és la causa més comuna de la pèrdua de la visió en persones a partir dels 55 anys; tard o d'hora és inevitable que experimenti un o més dels següents símptomes;

- Visió borrosa: la falta de nitidesa és un dels primers signes, i dels més comuns en les cataractes. Canviar la graduació de les lents pot ajudar, però no pot corregir el problema.
- Colors opacs: els colors semblen menys vius del que eren. Algunes tonalitats poden tornar-se més difícils de diferenciar.
- Mala visió nocturna: Al principi, es probable que simplement necessitin més llum per llegir. Amb el transcurs del temps, pot resultar més difícil veure objectes en la foscor, especialment al conduir un vehicle.
- Sensibilitat a la llum: les llums poden semblar incòmodament molt més brillants del que són o pot semblar que tinguin halos pel voltant.

### 3.2.1 TIPUS DE CATARACTES

Els tipus de cataracta poden ser segons el seu origen o segons la zona del cristal·lí que es veu afectada.

Segons el seu origen tenim aquets tipus de cataractes:

- **Cataracta congènita:** alguns nadons neixen amb cataractes o les desenvolupen en la infància, la majoria de cops passa en els dos ulls. En porques ocasions es

pot presentar cataractes congènites, és a dir, des de el principi del naixement i es deu entre altres factors a l'herència, infeccions de la mare durant l'embaràs, consum de drogues i altres malalties metabòliques com per exemple la galactosèmia. Per això, és important fer un examen de la vista dels nadons per evitar complicacions majors i fins i tot la ceguera.

- **Cataracta Senil:** Afecta a més del 25% de les persones entre 65 i 75 anys d'edat i que ocasionen alteracions visuals progressives, culminant en la ceguera si no són tractades. Aquestes estan relacionades amb l'envelliment.
- **Cataractes secundaries:** Les cataractes són més propenses a desenvolupar-se en persones que tenen altres problemes de salut, com la diabetis. A de més, les cataractes a vegades estan lligades al ús dels esteroides.
- **Cataracta traumàtica:** Un altre tipus de cataracta: poden ser ocasionades per traumatismes en el globus ocular o per malalties metabòliques com la diabetis, la hipertensió, algunes del sistema immunològic o per l'ús prolongat de medicaments amb corticoides.

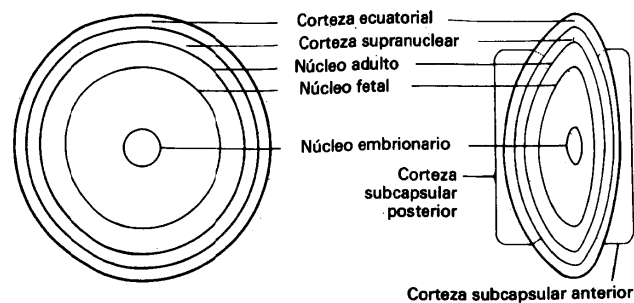
Com la opacitat del cristal·lí o cataracta, dispersa la llum i evita que una imatge definida arribi a la retina donan lloc a una visió borrosa, així doncs, tenim que les cataractes poden donar-se en qualsevol de les tres capes que componen el cristal·lí; la capa externa que és una membrana transparent anomenada càpsula i està rodejada de un material blanc i transparent anomenat còrtex; a dins hi podem trobar el centre o nucli, que es la capa més dura (Figura 3.2). Això podem parlar de:

- **La cataracta nuclear:** És la més freqüent i està associada a l'edat. Amb el seu desenvolupament la persona augmenta la seva miopia o la persona experimenta temporalment una millora en la seva visió per tasques de lectura, però amb el temps el cristal·lí és torna color cafè i augmenta la dificultat per veure en baixa llum i per conduir de nit.
- **La cataracta cortical;** comença a formar-se amb estries blanques en forma de cunya en l'extrem del còrtex del cristal·lí, aquestes van avançant cap al centre



del nucli bloquejant la llum que passa a través del nucli, causant una distorsió en les figures. Moltes persones diabètiques la desenvolupen.

- **La cataracta subcapsular;** comença per una capa opaca a sota de la càpsula. Pot produir-se en ambdós ulls i redueix la visió per llegir, quan hi ha llum brillant hi han enlluernaments o pot produir halos al voltant de les llums durant la nit. Les persones amb diabetis, lesions, miopies o cirurgia ocular, són més propenses a desenvolupar-les.



CAPAS ANATÒMIQUES DEL CRISTAL·LÍ

Figura 3.2: Les diferents capes anatòmiques del cristallí

### 3.2.2 CIRURGIA DE CATARACTES

La cirurgia de cataractes és una intervenció quirúrgica amb la finalitat d'extreure la lent del cristal·lí quan aquesta ja no està transparent. És tracta d'una intervenció que ha evolucionat molt des de els seus inicis fins a la actualitat

Els orígens de la cirurgia de cataractes és remunten a l'any 800 AC, quan les cataractes van ser tractades amb un mètode anomenat "Couch-ing" pel qual la cataracta híper madura és desplaçava cap al segment posterior de l'ull. No s'implantava cap lent i l'ull quedava visualment afàquic, és a dir, sense cap lent en l'eix visual.

A mitjans del segle XX, Harold Ridley va introduir les lents intraoculars per a compensar la potencia de la lent del cristal·lí que s'extreia . La manera en que va desenvolupar la lent intraocular va ser observant que els segments de Perspex del parabrises dels avions accidentats de la Segona Guerra Mundial de la RAF eren inerts. Això va dur a desenvolupar un disseny de la lent per imitar la estructura i la funció del cristal·lí abans de que es convertís en una cataracta.

Curiosament, el material que va fer servir, el Polimetilmetacrilat (PMMA), encara és fa servir en implants de lents, conjuntament amb altres biomaterials com per exemple la silicona i l'acrílic, que aquets és fan servir en els països més desenvolupats.

Els avanços en el disseny de la lent estan superant el risc de opacificació capsular posterior, també estan intenten imitar els atributs del cristal·lí, com per exemple; la funció de l'esfericitat, l'acomodació i la barrera ultravioleta (UV).

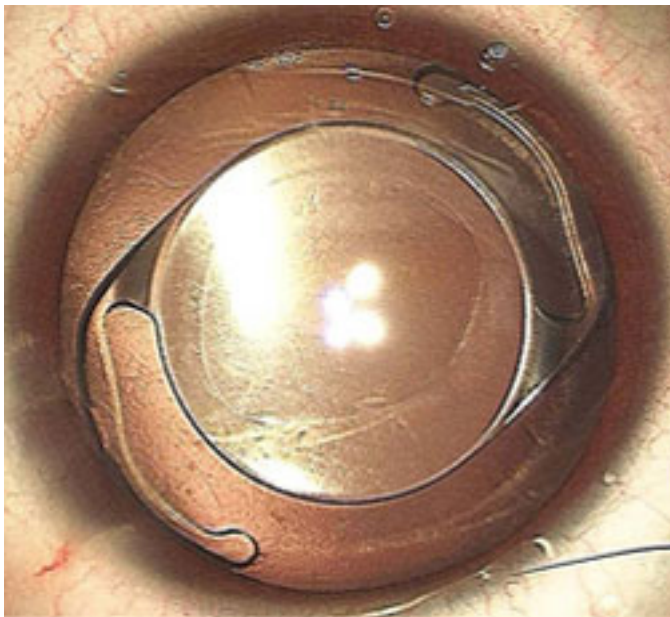
La manipulació quirúrgica per la cirurgia de cataractes també pot induir canvis en la curvatura corneal, fer malbé les cèl·lules endotelials i la seva funció, així com també tenir efectes en l'angle iridocorneal. Alguns d'aquets efectes col·laterals podrien tenir un efecte determinant en el resultat visual.

L'última tecnologia e instrumentació han permès reduir la mida de la incisió, el que produeix una estabilització més ràpida de la ferida, aquesta tecnologia com és la biomètrica i el software han permès un altre grau de precisió en la predicció del resultat refractiu final. Els signes de la lent intraocular han arribat a poder-se implantar cada vegada més amb fissures més petites. En la actualitat s'està treballant en nous dissenys de lents intraoculars que cobreixen tant les necessitats refractives, com la possibilitat de que s'adaptin a diferents distàncies de visió gràcies a la modificació del contingut de les lents intraoculars. A més a més, les lents intraoculars més noves s'esforcen per abordar problemes que van més enllà de l'estat merament refractiu, com l'acomodació i la protecció UV.

La cirurgia de cataractes és molt exitosa en la majoria dels casos. L'anestèsia tòpica, la cirurgia per a casos diaris, els temps de operació i recuperació més curts i una notable millora de la visió sovint han trivialitzat els riscos associats al procés. No s'ha de passar per alt que la cirurgia de cataractes encara es considera molt complexa al costat d'altres especialitats quirúrgiques importants com la neuro cirurgia o la cardiotoràgica.

Actualment, el procediment quirúrgic de implantació d'una lent intraocular consisteix en l'extracció del cristal·lí a través de la facoemulsificació (ruptura mitjançant ultrasò) i la col·locació de la lent intraocular dintre de la càpsula del cristal·lí, que persisteix buida e intacta.

El desenvolupament de la lent intraocular i la facoemulsificació, que és una tècnica quirúrgica molt utilitzada per la operació de cataractes, han estat els dos avanços més significatius que s'han realitzat en aquest camp.



**Lente intraocular: su ubicación.**

Figura 3.3: Fotografia d'un ull amb un implant d'una LIO

El primer pas per descriure la tècnica consisteix en dilatar la pupil·la del pacient amb fenilefrina i tropicamida al 1% per, a continuació, instil·lar col·liri amb una concertació 0,5% en el fons del sac conjuntival. Després d'això es procedeix a realitzar una incisió principal de uns 2.8 mm i una altre lateral inferior de 1 mm. Aquestes dues incisions corneals estan a una distància angular, una de l'altre, entre 90 i 100º i permetran el pas dels instruments quirúrgics per la manipulació del cristal·lí, així com per l'implant de la LIO.

S'injecta un gel viscoelàstic en la càmera anterior per mantenir-la profunda i així evitar el dany de l'endoteli amb l'instrument quirúrgic. A continuació, es procedeix a realitzar la denominada capsulorrexia. Amb una agulla corba (cistitom), s'incideix en la càpsula anterior del cristal·lí, realitzant un petit esquinçament en la mateixa càpsula. Amb unes pinces especials de capsulorrexia s'agafa la càpsula anterior esquinçada i mitjançant un moviment circular es prolonga el esquinçament circular, quedant finalment, una maniobra amb una obertura circular i continua de la càpsula anterior del cristal·lí de uns 5-6 mm de diàmetre. Lo ideal és realitzar una capsulorrexia 0.5 mm menor que el diàmetre de la LIO implantada. En

l'actualitat, és possible realitzar la capsulorrexiss mitjançant cirurgia amb làser de femtosegons.<sup>4</sup>

El següent pas serà la dissecció del nucli cristal·lí per separar-o del còrtex (hidrodissecció). El procés d'hidrodissecció és molt important, ja que separarà el cristal·lí del material cortical i el sac capsular, on posteriorment s'implantarà la LIO. Per això, una vegada realitzada la capsulorrexiss, s'introdueix solució salina balancejada entre càpsula anterior i còrtex a través de la capsulorrexiss per procedir a la hidrodissecció del nucli. A continuació, s'aplica una mínima pressió sobre el nucli cristal·lí i petites maniobres de rotació per poder apreciar que aquest es troba separat del còrtex cristal·lí. (Figura 3.4)

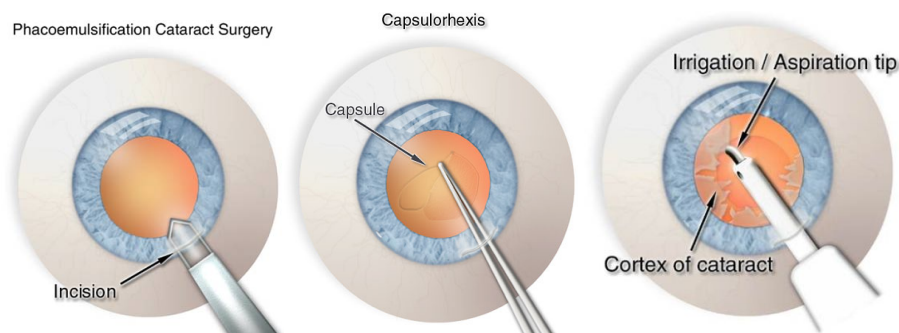


Figura 3.4: Incisió, capsulorrexiss i retirada del còrtex.

Mitjançant una sonda d'ultrasons a elevada freqüència es destrueix el cristal·lí i s'aspira. Per la incisió de 1 mm s'introdueix un petit instrument "choper" per destruir el cristal·lí i fer més fàcil l'extracció. Recentment s'han desenvolupat aparells per realitzar l'extracció mitjançant l'ús de impulsos làser de femto segons.

La següent maniobra consisteix en retirar el còrtex del cristal·lí mitjançant una sonda de irrigació-aspiració. De nou s'introdueix gel viscoelàstic per expandir la bossa capsular e introduir la LIO. Per introduir la lent, aquesta és doblega per la meitat per reduir el diàmetre,

<sup>4</sup> Ruiz La, Cepeda LM, Fuentes VC. Intrastromal correction of presbyopia using a femtosecond laser system. J Refract Surg 2009;25:855-61.

el qual permet introduir-la per una incisió de 2.2 mm a 2.7 mm evitant així tenir que augmentar la mida de la incisió. Posteriorment, la lent s'obre dintre de la càpsula del cristal·lí. A continuació es procedeix a la retirada del gel viscoelàstic introduït prèviament, mitjançant una sonda d'irrigació-aspiració. Finalment, s'hidrataran les incisions corneals amb suro per que és fixin i si a pesar d'això, persisteixen les fuges de líquid a través d'elles, és suturaran amb nailo.

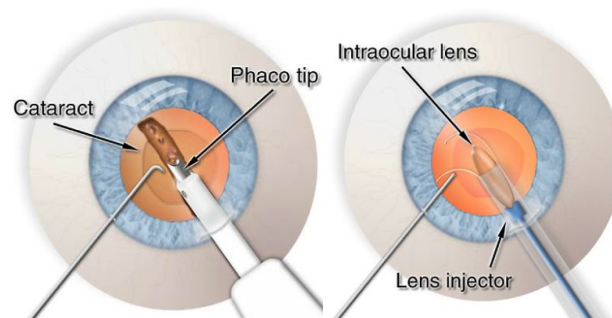


Figura 3.5: Plegat i introducció de la lent.

Com mesura de prevenció d'infeccions intraoculars (endoftalmitis), és una pràctica cada vegada més extensa la introducció d'un antibiòtic d'ampli espectre com es la cefuroxima, en la càmera anterior de l'ull a dosis de 0.1 mg i es completa el procediment instal·lant 2 o 3 gotes de povidona en el fons del sac conjuntival, també com profilaxis d'endoftalmitis.

Per altre banda, podem trobar el tractament per no quirúrgic, aquest és basa bàsicament en les lents de contacte. Aquestes poden corregir la presbícia mitjançant:

- Ús de les ulleres per llegir i lents de contacte per veure en visió llunyana.
- Monovisió; és corregeix el defecte refractiu, mitjançant lents de contacte, per prop la col·locarem en l'ull no dominant i per lluny en l'ull en l'ull dominant. Perquè la adaptació sigui correcta, cal que la diferència dels ulls sigui menor de 1,50D.
- Lents de contacte bifocals: de visió alternant (segmentades o anuals) o de visió simultània (asfèriques, multifocals o difractives).

- lents de contacte de visió alternant: funcionen de manera similar a les ulleres bifocals. Consten de dues zones separades per la visió de lluny i la visió de prop i la retina rep la imatge únicament d'un focus, ja sigui el de lluny o el de prop. Les lents de contacte segmentades tenen un segment superior per la visió de lluny i un inferior per la visió de prop. Les lents de contacte concèntriques tenen dos anells, un central per la visió de prop i un perifèric per la visió de lluny.
  
- Les lents de contacte de visió simultània aporten al mateix temps dues imatges procedents del focus de lluny i de prop, el que suposa una reducció del contrast, sobre tot en adicions altes. El disseny pot ser asfèric/multifocal o difractiu. Les primeres varien la potència des de el centre a la perifèrica, de manera descendent en les lents còncaves i de manera ascendent en les lents convexes.



## 4. LENTS INTRAOCULARS (LIOS)

Una lent intraocular (LIO) és una lent artificial transparent que s'implanta dins de l'ull durant una cirurgia, per reemplaçar el cristal·lí.

### 4.1 HISTÒRIA DE LES LENTS INTRAOCULARS

Com hem dit abans, les lents intraoculars van començar a la Segona Guerra Mundial gràcies a Ridley, que a partir de peces de plàstic del parabrises dels avions de combat van veure com aquestes que després de trencar-se i impactar en els ulls dels soldats, s'incrustaven al globus ocular i eren perfectament tolerables.

EL 8 de febrer de 1950, el propi Ridely implanta per primera vegada una lentícula artificial com substitut de un cristal·lí en una cirurgia de cataracta. Va consistir en un disc biconvex dissenyat conjuntament amb John Pike, un òptic de l'empresa de Rayner.

Ridley havia constatat que el compost plàstic del que estava fet ja s'havia utilitzat en una cirurgia traumatològica de una forma molt generalitzada, sobre tot en unes condicions on el moviment i el líquid sinovial, en certa manera, podien donar unes condicions similars a les del interior del globus ocular. Ridley va tenir moltes complicacions que descriuria en publicacions entre els anys 1953 i 1960. Aquestes consistien en el mal posicionament de la lent intraocular i la opacificació de la càpsula posterior. Pel que respecta al mal posicionament, a mesura els descentraments s'atribuïen a un pes excessiu de l'implant. Per altre banda, hi havia dos causes importants i directament relacionades amb el procediment de implantació: la lent no tenia una fixació adequada i la capsulotomia anterior era molt ampla ja que Ridley extreia pràcticament la càpsula en tota la seva totalitat deixant casi sempre una part anterior relativament retallada e irregular.

Per evitar aquestes complicacions apareixien les lents de càmera anterior, implantades després de l'extracció de la cataracta intracapsular. La primera lent va ser implantada per el francès Barón en 1952, però va tenir el problema de que causava un contacte inapropiat amb

l'endoteli corneal. També Strampelli mostra la seva primera aportació en la Societat Oftalmològica Lombarda en el desembre de 1953, tenint en conta les complicacions amb la tècnica d'implant de Ridley i canviant amb poc temps i en diverses ocasions de model, és a dir, variant de models de fixació rígida a utilitzar pinces Supramid enterrades a l'esclera. Altres autors van dissenyar lents molt simples i amb molt poques variacions i encara que els resultats inicials semblaven molt prometedors, anys més tard s'evidenciarien els problemes amb la descomposició de l'entodeli.

En un intent de fixar la lent en una posició encara més posterior a la còrnia per evitar els problemes corneals de la dècada anterior van aparèixer les lents fixades al iris. Va ser en aquella època quan els cirurgians van saber de la delicada naturalesa dels teixits uveals al entrar en contacte amb elements de un pseudofàquic. El contacte físic amb els teixits uveals solia causar inflamació. En aquesta època, segona meitat del segle XX, Comelius Binkhorst va dur a terme una important modificació de la seva primera lent de quatre puntes, creant la lent i de dues puntes. En l'últim disseny, Binkhosrt va deixar el component òptic davant de l'iris, però aquests és col·locaven en el sac capsular després d'una cirurgia extra capsular. Això va suposar un retorn a la cirurgia extra capsular i a la fixació capsular, ambdues abandonades en gran part des de l'època del primer implant de Ridley.

Un nou retorn a la càmera anterior va ser un intent d'evitar les complicacions de les lents fixades al iris. Aquest període registra la seva major activitat en els anys compresos entre 1963 i 1992. De nou, aquesta generació es troba amb els problemes del contacte corneal, directe o indirecte, constant o intermitent.

En els anys 70 va haver-hi una gran evolució de la implantació de les lents intraoculars, ja que van tornar a la idea original de Ridley de realitzar extracció capsular e implantació de la lent en la càmera posterior.

Pearce implanta en 1975 la primera lent rígida de càmera posterior en forma de trípod de la moderna generació. En aquesta època el que podem destacar és la millora de les lents de càmera anterior, entre les quals trobem; rígides, semirígides i flexibles, també trobem

l'aparició de la facoemulsificació, instruments quirúrgics més refinats, lents cada vegada més lleugeres i amb una millora fixació i l'ús de la visco cirurgia.

Des de 1975 fins a dia d'avui s'ha acumulat una gran experiència clínica, s'han perfeccionat les tècniques quirúrgiques, millors dissenys (universals) i una millora en els materials de les lents (HEMA i Silicona). També podem afegir, que les lents comencen a estar recobertes per Polivinilpirrolidona per protegir la retina dels rajos ultravioletes. Innombrables resulten les innovacions que han aparegut en les lents intraoculars, multifocals refractives i difractives, bifocals, tòriques per la correcció de l'astigmatisme i aquelles que pretenen restaurar l'acomodació.

Podem concloure que l'evolució històrica de la implantació de les lents intraoculars des de que va aparèixer la primera d'elles per Ridley en 1949 fins a dia d'avui ha sigut molt interessant, de progressiva innovació i caracteritzada a més per la modernització de la cirurgia extra capsular de la cataracta. Primerament va ser la tècnica del microscopi especular i després el de la viscocirurgia amb la qual van minimitzar el dany en l'endoteli facilitant inclús amb aquesta última la implantació de la lent en el sac capsular. Ja és descriuen tècniques quirúrgiques futuristes entre les que es troben la fotòlisis làser, la tècnica electromagnètica de Kelman i la emulsificació Endocapsular del vòrtex (EVE)-

Els nous dissenys i materials de LIO juntament amb els avanços de la cirurgia extracapsular per facoemulsificació, incisions de mínim accés, capsulorrexis, control de la pupil·la, hidrodissecció e hidrodelineació, destaquen en la cirurgia contemporània de la cataracta.

A més a més de les modificacions del disseny de les LIOs orientades a la compensació d'aberracions, el desenvolupament de nous models s'ha dirigit també a la recerca de noves funcionalitats com els dissenys acomodatius i multifocals. Les LIOs acomodatives proporcionen una bona visió a diferents distàncies ja que permeten que la lent s'ajusti al focus canviant la seva posició respecte a la còrnia. Aquesta última tecnologia està basada en que el múscul ciliar d'una persona d'edat avançada encara tingui funcionalitat cosa que no és el mateix amb el cristal·lí, ja que amb l'edat perd la seva elasticitat i la seva capacitat d'acomodar. A diferència de les lents intraoculars acomodatives, les lents intraoculars

multifocals indueixen simultàniament un focus per visió llunyana i un altre per visió propera i és el cervell el que selecciona la més nítida de les dos i suprimeix l'altre, depenent d'on miri el pacient. Els principis òptics generals que utilitzen les LIOs multifocals són la refracció i la difracció. En unes ocasions serà cada fenomen per separat el que actuï, i en altres ho faran conjuntament. Les lents refractives estan formades per anells concèntrics que alteren la visió de prop amb la de lluny i això s'aconsegueix variant el radi de curvatura dels diferents anells. Les lents difractives estan formades per anells concentris on es tallen uns esgraons que permeten que la llum que entra en la lent es difracti creant dos focus, un per la visió de lluny i l'altre per la visió de prop.

Com podem veure, al igual que la lent natural de l'ull, una LIO enfoca la llum que entra a través de la còrnia i la pupil·la fins la retina. La majoria de les LIOs tenen una mida la qual és més aviat com una moneda de deu cèntims la qual mesura 17,75mm. Tot seguit parlarem de les LIOs fàquiques i LIOs pseudofàquiques.

## 4.2 CLASSIFICACIÓ DE LES LENTS INTRAOCULARS (LIOS)

Les **LIOS fàquiques** són les que s'implanten per complementar el cristal·lí, és a dir, sense extreure'l, generalment com tractaments de defectes de refracció greus com casos de miopies severes, hipermetropies altes i presbícia. També poden indicar-se en casos amb graduacions no tan altes però en les que certes característiques de la còrnia no permeten el tractament amb làser, o pels quals no es factible la aplicació d'altres tractaments com lents correctores externes o cirurgia refractiva del tipus LASIK o altres.



Figura 4.1: Lent intraocular fàquica de cambra anterior

Amb l'avanç de les noves tecnologies han sorgit una gran varietat de dispositius tals com les tablets, llibres electrònics, telèfons intel·ligents, etc... que precisen d'una visió òptima en mitja i curta distància. Per aquesta raó, els pacients prèsbites estan demanant solucions que els hi permetin continuar amb la seva activitat diària en l'ús dels dispositius. A més de la correcció mitjançant lents oftàlmiques i lents de contacte, s'han desenvolupat diferents opcions quirúrgiques per la correcció de la presbícia, com la substitució del cristal·lí per una lent intraocular, aquesta lent s'anomena **Lent intraocular Pseudofàquica** a diferència de les lents fàquiques, en aquestes s'extreu totalment el cristal·lí. Quan optem per la inserció d'una lent intraocular, l'ull passa a denominar-se Pseudofàquic, el qual està compost per dos superfícies refractives (còrnia i lent intraocular), cinc medis amb els seus respectius índex de

refracció (aire, còrnia, humor aquós, lent intraocular i humor vitri) i la distància entre les diferents superfícies refractives (espessor corneal, càmera anterior pseudofàquica, esperó lent intraocular i càmera vitrèa pseudofàquica).

## 4.2.1 EN FUNCIÓ DEL DISSENY ÒPTIC

Segons el disseny òptic ens podem trobar diferents classificacions

### 4.2.1.1 LENTS INTRAOCULARS MONOFOCALS ESFÈRIQUES

Són les lents intraoculars més simples del mercat, les que, com el seu nom indica, tenen un únic punt d'enfocament. No permeten que l'ull en el que són implantades pugui veure bé de lluny i de prop al mateix temps. L'oftalmòleg selecciona la lent amb la potència adequada per que el pacient tingui la millor agudesa visual possible de lluny sense cap correcció i només faci servir les ulleres per veure de prop.

Són lents transparents, de material bio-compatible i amb un disseny que li permet ser implantada en el lloc que ocupa el cristal·lí natural. A Espanya són les lents les quals implanten en els centres públics.

Les lents **intraoculars monofocals estàndards esfèriques**, no disposen de cap característica addicional a part de ser una lent de forma esfèrica (la qual no compensa la aberració esfèrica induïda per la còrnia). Per tal que la imatge arribi amb la major qualitat possible a la retina, la aberració esfèrica del cristal·lí ha de tenir un valor negatiu per compensar el valor de esfericitat de la còrnia que és positiu, i minimitzar així l'aberració ocular total. Si substituïm el cristal·lí per una lent que no corregeix aquesta esfericitat positiva sinó que la augmenta, estem generant una imatge de pitjor qualitat de la desitjada.

Com ja hem comentat anteriorment, per poder veure els objectes de manera òptima no és suficient projectant la imatge en la retina sinó que s'ha d'aconseguir que la qualitat de la mateixa sigui òptima. Aquesta qualitat ve donada principalment per l'aberració esfèrica. Si tenim en conta que la còrnia indueix de manera natural, aberració esfèrica positiva, concloem

que per garantir una aberració esfèrica total (conjunt còrnia + cristal·lí) mínima, necessitem que la lent intraocular (al igual que el cristal·lí natural) presenti una aberració esfèrica negativa que la compensi.

#### 4.2.1.2 LENTS INTRAOCULARS MONOFOCALES ASFÈRIQUES

Les **lents Intraoculars asfèriques** son les LIOs que compten precisament amb un disseny que inclou la asfericitat necessària per que la imatge que es projecta en la retina tingui la major nítides i qualitat possible.

Aquesta nitidesa es tradueix en una major definició i contrast de la imatge visual així com una menor presència de destalls nocturns.

Tot i això, les avantatges que presenten les LIOS asfèriques s'han qüestionat per la presència de descentraments i/o inclinacions un cop implantades.<sup>5</sup>

Les lents asfèriques es basen en una superfície prolata (més corva en el centre i més plana a la perifèrica).

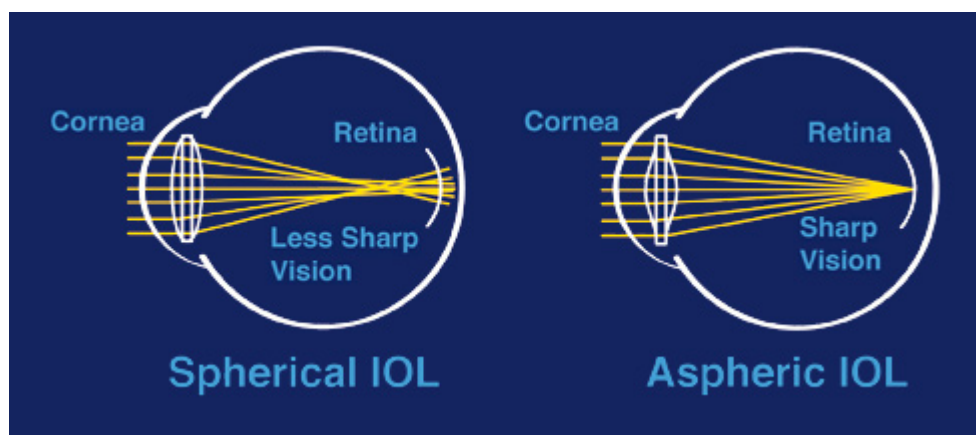


Figura 4.2: Lents Esfèriques i Asfèriques

5. McKelvie J et al, 2011. The influence of tilt, decentration and pupil size on the higher-order aberration profile of aspheric intraocular lenses. *Ophthalmology*; 118:1724-31.



### 4.2.1.3 LENTS INTRAOCULARS MULTIFOCALS

També les podem anomenar pseudoacomodatives, són idèntiques en la seva morfologia a les lents monofocals; una part òptica i uns hàptics que poden tenir diferents formes. El que canvia en aquestes lents és l'òptica, que tenen un disseny encaminat a aconseguir multifocalitat mitjançant dos tecnologies diferents: tecnologia difractiva i refractiva.

#### 4.2.1.3.1 LENTS INTRAOCULARS MULTIFOCALS DIFRACTIVES

Les lents intraoculars multifocals difractives aconseguixen la seva capacitat multifocal a través d'una màscara difractiva a la superfície d'una LIO monofocal. Aquesta màscara difractiva està composta per esglaons o petits prismes de fresnell que difracten la llum donant lloc al focus de prop de la LIO, format pel primer ordre de difracció.

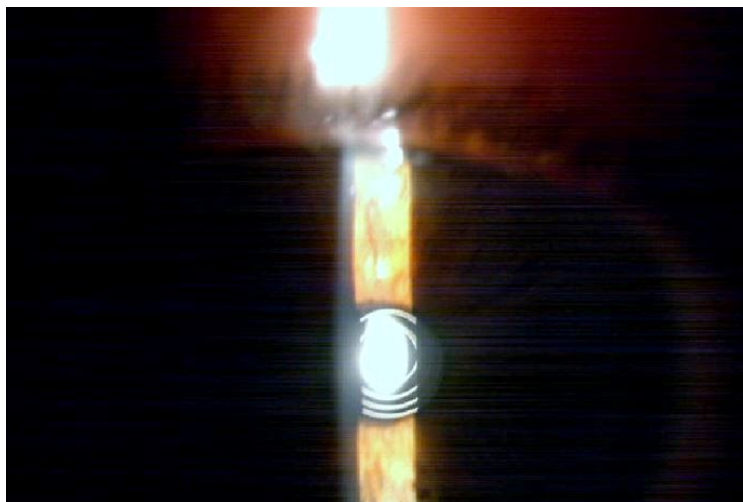


Figura 4.3: Lent intraocular multifocal difractiva

Una vegada implantada, a través de la llum de fenedura és molt fàcil veure els esglaons o els anells difractius, que s'observen en forma d'anells concèntrics lineals.

En aquestes lents l'altura de l'esglaó difractiu determina quin percentatge de llum formarà cada un dels focus, de forma que quan més alt és l'esglaó, més llum es destinarà al focus de prop. La separació dels anells determina el valor de l'adició, de forma que quant menor és la separació entre ells major és el valor de la addició.

En general, aquestes lents proporcionen una molt bona visió de lluny, una bona visió intermitjà, i una menor visió de prop, mentre que les lents multifocals difractives proporcionen

una bona visió de lluny (similar o lleugerament inferior a les refractives), una bona visió de prop (millor que les refractives), però pitjor visió Inter mitjà (molt pitjor que les refractives).

#### 4.2.1.3.2 LENTS INTRAOCULARS MULTIFOCALS REFRACTIVES

Aquestes lents fan servir un mètode refractiu multi-zona, és a dir, es defineixen dos potències incorporades dins dels anells o zones refractives circulars amb diferent índex de refracció. Aquest tipus de lents ofereixen molt bona visió Inter mitja i una major transmissió de la llum, però poden provocar símptomes disfotòpsics relacionats amb la visió nocturna, a més a més, ofereixen una agudesa visual inferior a la que ofereixen les lents intraoculars difractives.

Dins d'aquest tipus de lents es troben les **lents rotacionals simètriques** compostes per circumferències o zones concèntriques que permeten una visió de lluny i de prop de manera alternativa i les **rotacionals asimètriques**, que estan compostes d'una superfície asfèrica i asimètrica per a la visió de lluny, juntament amb una superfície de visió propera. Una de les característiques més importants d'aquestes lents és que són lents pupilodependents i necessiten un diàmetre pupil·lar mínim per que la llum pugui travessar les diverses zones de la lent.



Figura 4.4: LIO Multifocal difractiva



Figura 4.5: Lent Intraocular Multifocal refractiva

#### 4.2.1.3.3 LENTS BIFOCALS

Com el seu propi nom indica son Lents Intraoculars que presenten dos focus, un per veure de lluny i un altre amb addició per veure de prop.

El cristal·lí natural jove i sà posa en disposició del pacient tota la seva superfície transparent per la projecció de la imatge en la retina. La lent intraocular Multifocal Bifocal, en canvi, aconsegueix l'enfocament a múltiples distàncies al dividir la superfície efectiva de la lent intraocular en zones. Unes zones de la superfície de la lent s'utilitza per veure de prop i unes altres s'utilitzen per la visió llunyana.

#### 4.2.1.3.4 LENTS HÍBRIDES O COMBINADES

Les lents híbrides presenten un disseny amb una part difractiva central i una zona perifèrica refractiva.

En el moment de realitzar el treball només hi havia una lent bifocal híbrida al mercat, que aquesta tenia una òptica difractiva. La seva fabricació és va basar principalment en què la visió propera és menys important en condicions de baixa il·luminació quan la pupil·la és gran. La segona direcció que ha guiat el seu disseny és que resulta essencial reduir la percepció de halos i dellumbraments en condicions de baixa il·luminació. Està demostrat que les funcions habituals del ser humà es desenvolupen en un món fotòpic (natural o artificial) amb unes pupil·les relativament petites la major part del temps. Per tasques de recerca com la lectura s'utilitzen generalment llum molt intensa, el que dona lloc a pupil·les molt més grans. També per visió de prop el reflex acomodatiu en el ser humà fa que el diàmetre de la pupil·la és redueixi.

Aquesta lent combina avantatges relatives dels dissenys de les lents refractives amb el disseny de les lents difractives. Ambdós dissenys proporcionen una distribució de l'energia més eficient. La lent té dos punts focals principals, un per lluny i l'altre per prop, existint varis models amb addicions +4,00D, +3,00D y +2,50D. Al igual que en les lents difractives, la potencia refractiva que és la base de la lent proporciona la potència del focus de lluny.

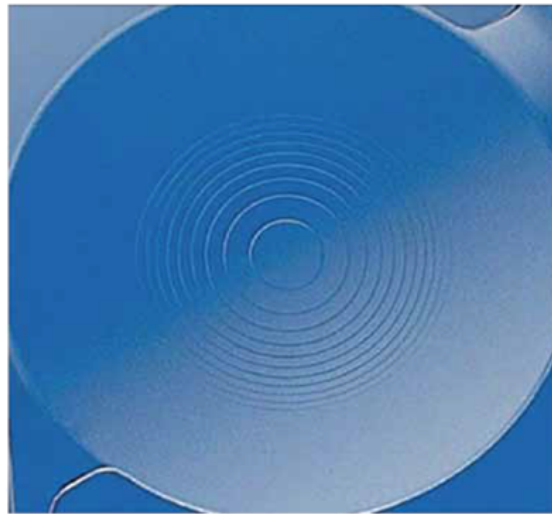


Figura 2. Ejemplo de LIO híbrida.

Figura 4.6: LIO multifocal híbrida. La part central correspon a la difracció i la perifèria a la difracció.

#### 4.2.1.3.5 LENTS TRIFOCALS

El principi de funcionament és el mateix que el de la lent intraocular multifocal bifocal. La diferència està en la addició de un altre focus més per reforçar la qualitat visual a distàncies inter mitges.

La superfície de la lent està dividida en varies zones, cada una d'elles destinada a un dels tres focus. Al introduir una distància focal més, la superfície de la lent disponible per la projecció de la imatge en les distàncies de prop i de lluny disminueix.

Gràcies als avanços tecnològics es treballa per a que la imatge arribi lo més nítidament possible en cada una de les distàncies i la dependència de les ulleres sigui mínima, tot i això, les lents intraoculars multifocals trifocals no és una correcció dinàmica, sinó estàtica i hi ha un preu a pagar per ella, que és la pèrdua de la qualitat visual en totes les distàncies.<sup>6</sup>

6. Susana Marcos, (23/09/2016) Es posible mostrara los pacientes cómo verán tras una operación de cataratas"  
Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa  
© Universitat Politècnica de Catalunya, año (...). Todos los derechos reservados

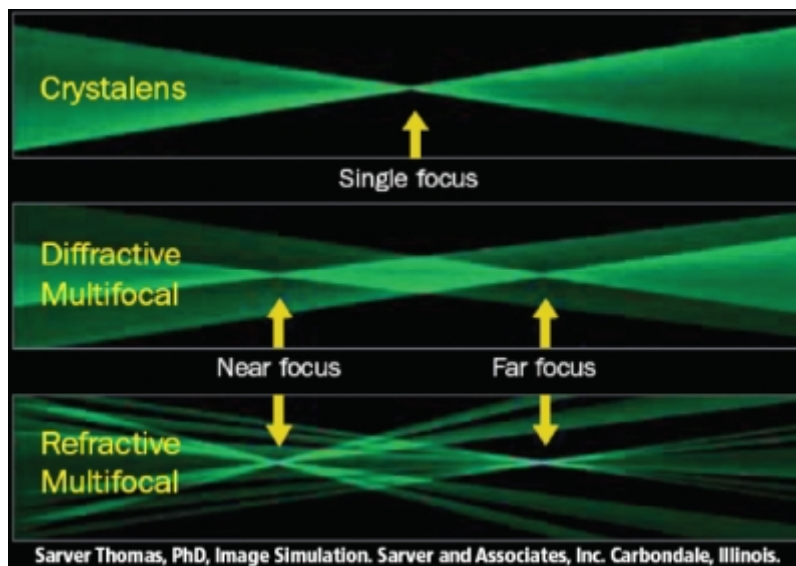


Figura 4.7: Diferents punts focals depenent de la lent.

#### 4.2.1.4 LENTS INTRAOCULARS ACOMODATIVES

Són lents monofocals que persegueixen els efectes d'enfocament en visió inter mitja i propera mitjançant una òptica que pot desplaçar-se al llarg de l'eix axial amb la contracció del múscul ciliar, tal com fa el cristal·lí humà.

Considerant que el múscul ciliar manté la seva capacitat per contreure amb l'edat, seria lògic pensar que la verdadera acomodació pseudofàquica pot ser restaurada mitjançant un moviment anterior de l'òptica de la lent, desplaçant així el pla focal. Sent lents d'òptica monofocal, els seus moviments al llarg de l'eix axial i els canvis en la seva curvatura, serien els últims responsables de l'escurçament de la distància focal, fent possible l'enfocament a diferents distàncies.

L'acomodació és un mecanisme multifocal que envolta un component actiu que és el múscul ciliar i uns altres components passius com el cristal·lí, la zònula, l'humor acuós...

La hipòtesis més acceptada per explicar el mecanisme d'acomodació es remonta a Helmholtz a l'any 1855, segons el qual durant la contracció del múscul ciliar la zònula es relaxaria i l'elasticitat inherent al cristal·lí li permetria canviar el seu poder diòptric al disminuir el seu diàmetre circumferencial i augmentar la curvatura de les seves superfícies anterior i posterior.

Amb l'edat, el cristal·lí augmenta de mida, és fa més dur i perd capacitat per incrementar la seva potencia, ja que la seva rigides l'impedeix canviar la morfologia per l'enfocament dels objectes propers. Estudis recents realitzats amb ressonància magnètica (Strenk et. Ál. 2006) comproven com l'augment de la mida del cristal·lí desplaçaria al iris i al múscul ciliar, reduint indirectament la mida de l'espai circumlental. Això provocaria una disminució de la tensió zonular, i en conseqüència una menor resposta acomodativa.

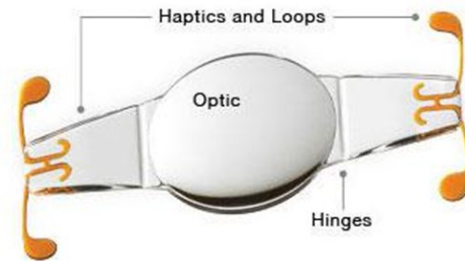


Figura 4.8: Lent Intraocular Acomodativa

#### 4.2.1.5 ALTRES TIPUS DE LENTS INTRAOCULARS

##### LENTS INTRAOCULARS AJUSTABLES PER LA LLUM

La principal característica d'aquest tipus de lents intraoculars és que poden ser "moldejables" amb posterioritat al seu implantament mitjançant la aplicació de rajos ultraviloeta. Aquest moldejament és fa quan el resultat postoperatori no es l'òptim que es pot aconseguir. Això és degut a petits canvis durant el procés de cicatrització, a una inexactitud alhora de fer el càlcul o a la presència d'un astigmatisme crònic.

Aquestes lents permeten una correcció posterior fins a dues diòptries. Aquesta magnitud, donats els nivells de precisió en els càlculs actuals, hauria de ser més que suficient per eliminar qualsevol defecte residual i aconseguir el millor resultat visual que la lent permeti.

##### LENTS INTRAOCULARS TÒRIQUES (CORRECCIÓ ASTIGMATISME).

De manera simplificada podem entendre l'astigmatisme com una falta de simetria esfèrica en el nostre sistema ocular que fa que el que la pateix vegi borrosos. El defecte de l'astigmatisme es quantifica compensant-lo amb una lent de forma cilíndrica alineada amb

l'eix principal de la simetria. Al situar la lent cilíndrica i compensar el defecte simètric, la imatge es projecta de una manera nítida en el fons de l'ull.

Com a resultat, el grau de l'astigmatisme serà la potència que requereix aquella lent per que la projecció de la imatge a la retina sigui la millor possible.

Al igual que les ulleres corregeixen l'astigmatisme, hi ha tipus de lents intraoculars que gràcies al seu disseny corregeixen l'astigmatisme, al ser col·locades en una direcció determinada. A aquest tipus de lents intraoculars que permetin la correcció les anomenem lents tòriques.

## LENTS DE ÒPTICA DUAL

Com major es la potència de una lent, major és el rang d'acomodació que proporcionarà el moviment d'aquesta lent. Les lents de doble òptica convinent una òptica positiva anterior, que es desplaça cap endavant, amb una òptica negativa posterior, actuant com un sistema òptica únic. Per consegüent, per un mateix desplaçament, les lents de doble òptica proporcionen un canvi refractiu major o, el que és igual, major poder d'acomodació que les lents d'òptica simple. Històricament, un dels majors inconvenients que s'observen quan s'han implantat dos LIO es la opacificació Inter lenticular.

## LENTS DEFORMABLES

Des de fa anys s'ha investigat la possibilitat d'omplir el sac capsular amb un material transparent i moldejable, amb un objectiu de reproduir el mecanisme natural d'acomodació, en l'ull pseudofàquic.

Les lents deformables fan servir materials elàstics que introduïts en el sac capsular, modifiquen la seva forma i la seva potència òptica, segons la contracció o relaxació del múscul ciliar, aconseguint un canvi acomodatiu real, tal i com va passar en el cristal·lí jove. Aquesta LIO presenta uns hàptics buits plens d'un fluid: així, durant la contracció del múscul ciliar, el diàmetre equatorial de la càpsula és redueix, resultant en un increment de la pressió en els hàptics, un desplaçament del fluid que conté cap a la òptica de la lent, així augmenten la curvatura i aconseguim un increment del poder diòptric.

Per aconseguir aquesta meta, s'han de superar diversos obstacles, com la extracció de la cataracta a través de una capsulorrexia molt petita, aconseguir que el material introduït es mantingui estable en el sac capsular, inclús després de la capsulotomia, evitar imperfeccions en la superfície òptica generada per alguna irregularitat en el material, en el sac o en la cantonada de la rexis, o calcular el poder diòptric exacte. El futur de les lents deformables està en el desenvolupament de materials complexos que solucionen aquests inconvenients i aconseguen una resposta òptica ràpida, constant i predicable en funció de la dinàmica el cos ciliar. Això permetrà la creació d'una lent realment acomodativa.

## 4.2.2 EN FUNCIÓ DEL MATERIAL:

### LENTS INTRAOCULARS DE PMMA

Les lents de PMMA han demostrat tenir una bona biocompatibilitat i una gran estabilitat en el temps. La principal limitació d'aquesta lent, és que per la seva implantació és requereix una incisió gran, que habitualment és aproximadament de 5mm.

A pesar de que la tècnica quirúrgica habitual és la facoemulsificació del cristal·lí i la implantació de la lent plegable, les lents rígides de PMMA tenen encara un paper important, per una part, s'implanten de forma habitual en països menys desenvolupats i per una altra, segueixen estant indicades en situacions especials, com per exemple; ruptura del sac capsular o luxacions de la zònula.

### LENTS DE SILICONA

Les lents de silicona són flexibles, hidrofòbiques i biocompatibles. Les lents de silicona de primera generació eren de tres pines amb els hàpics de prolene. Aquest material és menys biocompatible que el PMMA, el qual produïa major inflamació i opacificació en la capsula posterior. Les lents de silicona de segona generació presenten hàpics de PMMA. Al ser de hàpics rígids, es poden plegar longitudinalment de 6 a 12 mm i s'implantaven en dos temps. Amb aquesta rígides aconseguíem els resoldre els descentraments que apareixien amb



els hàptics de prolene. Existeixen molts estudis sobre la incidència d'opacificació capsular relacionada amb el material de les LIO. Per les lents de silicona de primera generació la incidència ha sigut la mateixa que per les de PMMA, mentre que la opacificació amb les lents de silicona de segona generació és més freqüent que en les acríliques hidrofòbiques de boreres angulades les quals, generalment, presenten els majors resultats respecte a aquesta complicació.

## LENTS ACRÍLIQUES HIDROFÒBIQUES

La seva biocompatibilitat és alta i la opacificació capsular és baixa. En 1998 van ser la primera opció entre els membres de la "American Society of Cataract and Refractive Surgery". En 2003 aquestes van ser les lents de elecció en el 63% dels cirurgians. Una de les raons de la popularitat d'aquesta lent és la baixa incidència de opacificació capsular posterior. Els seus cantons angulars produeixen un efecte barrera en la proliferació de cèl·lules epitelials al llarg de la capsula posterior.

## LES ACRÍLIQUES HIDROFÍLIQUES

També és coneixen com lents de hidrogel. Són les lents toves amb una bona compatibilitat. No produeixen alteracions, o aquestes són mínimes, després del plegat amb pinces per la seva inserció. No obstant, les propietat hidrofíliques de la superfície afavoreixen la migració cel·lular sobre la òptica.

## 5. CORRECCIÓ DE LA PRESBÍCIA A PARTIR D'ALTRES MÈTODES

Podem comprovar que hi han diferents tipus de cirurgia a més a més de la correcció de la presbícia mitjançant LIOs Multifocals;

### 5.1 ABLACIÓ CORNEAL MULTIFOCAL

La multifocalietat és adquirida mitjançant el Presbylasik, una tècnica que dur a terme una ablació corneal amb Làser excimer.

Existeixen una varietat de tècniques per la correcció de la presbícia, Làser Vision Correction (LVC)).

1. LVC Multifocal perifèrica: la còrnia perifèrica és tractada per crear asfericitat perifèrica negativa. D'aquesta manera la còrnia central és considerada per la visió de lluny i la mig-perifèrica és per la visió propera.
2. LVC Multifocal central: Seguint el mateix mètode, la còrnia central és tractada per la visió propera i la perifèria és per la visió llunyana.
3. Monovisió: l'ull dominant és corregit per aconseguir una refracció neutre en visió llunyana i l'ull no dominant és tractat per ser lleugerament miop per visió propera.

Tot i que òpticament els resultats són bons, alguns pacients troben l'inconvenient referent a l'adaptació i a la pèrdua de la agudes visual en visió llunyana.

### 5.2 QUERATOPLÀSTIA CONDUCTIVA

La Queratoplàstia conductiva fa servir l'aplicació de les ones de ràdio de baixa freqüència per "encongir" les fibres de col·lagen de la còrnia més perifèrica. Això causa una elevació de la còrnia central que incrementa el poder refractiu de l'ull (més positiu). I tot que aquesta tècnica ha resultat ser segura, els estudis a llarg termini han demostrat un alt índex de regressió i per tant no és una tècnica popular avui en dia.

## INCISIÓ ANULAR INTRAESTROMAL EN FEMTO SEGONS

La seva precisió i seguretat fan aquesta tècnica útil per a diferents tipus de cirurgia corneal, incloent tractaments intraestromals. Habitualment fent servir un làser de femto segons és creen cinc anells concèntrics a l'estroma corneal situats entre 2-4mm de l'eix de mirada. El principal avantatge és que la superfície de la còrnia queda intacta.

Aquesta tècnica indueix una elevació central dels teixits que causa un augment entre una i dues diòptries resultant en una millora de la visió propera.

A dia d'avui els resultats observats han demostrat que en general sí que hi ha una millora de la AV propera, però altres estudis han comentat que no hi ha millora en la AV propera però sí s'aminora l'AV llunyana<sup>7</sup>. Aquest tractament s'acostuma a fer només sobre l'ull no dominant.

## INSERCIONS CORNIALS

Són implants intraestromals que es situen sota el *flap* del lasik o sota la bossa corneal creada pel làser femto segons.

Aquesta tècnica té molts avantatges, com per exemple; la majoria dels nervis cornials queden intactes, mantenint la sensibilitat corneal, són additius, no eliminen teixits, preserven futures opcions de tractaments de correcció de la presbícia i pot ser utilitzada en pseudofàquies i/o combinades amb LVC.

Els inconvenients que hi ha en aquesta tècnica poden ser l'aparició d'halos lluminosos, un decreixement sobre la sensibilitat al contrast fotogràfica i mesòpica i aprimament de la còrnia.

Per obtenir un bon resultat amb aquesta tècnica és crític aconseguir un bon centrat dels anells ja que un petit desplaçament pot causar una diferència clínicament significativa.

---

<sup>7</sup> Menassa N, Fitting A, Auffarth GU, et al. Visual outcomes and corneal changes after intrastromal femtosecond laser correction of presbyopia. *J Cataract Refract Surg* 2012;5:765–73.

## 6. DISCUSSIÓ

Un cop comentats els diferents tipus de lents intraoculars multifocal pseudofàquiques, que són les que es fan servir per substituir el cristal·lí dels pacients amb o sense cataractes, i les opcions quirúrgiques d'aquestes lents quan són implantades en els pacients. Comentarem els resultats<sup>8</sup> d'aquestes lents, que s'han demostrat excel·lents, no obstant, també hi ha la insatisfacció dels pacients i la necessitat de procediments secundaris que poden ser significants<sup>9</sup>.

Algunes complicacions que podem trobar en les LIOs Multifocals són; reducció de la qualitat de visió, especialment, pèrdua de sensibilitat de contrast, disfotopsia i reduïda visió inter mitjà i propera.

A partir de veure els diferents tipus de lents intraoculars, veurem les **indicacions i contraindicacions** de fer una cirurgia amb aquestes.

Un examen acurat previ a una intervenció és essencial per aconsellar i planificar la cirurgia i saber si el pacient tindrà èxit amb la lent intraocular multifocal.

- a) **Defectes cornials i pol anterior:** hem de tenir en compte que l'astigmatisme regular (és a dir, els meridians principals són perpendiculars) pots ser corregit amb resultats satisfactoris, mentre que l'astigmatisme irregular (meridians principals no perpendiculars) té un pronòstic més incert. Estudis han demostrat que astigmatismes superiors a 1,50D porten a una pitjor qualitat òptica, a una agudeses visual llunyana i intermèdia reduïdes i a un major afecte d'halos després de la intervenció.<sup>10</sup>

Alguns pacients que necessiten de la intervenció de LIO's també poden patir de malalties com "Síndrome de l'ull sec" i disfunció de les glàndules de Meibomi. Independentment

8. Chiam PJ, Chan JH, Haider SI, *et al.* Functional vision with bilateral ReZoom and ReSTOR intraocular lenses 6 months after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:2057–61.

9. Woodward MA, Randleman JB, Stulting RD. Dissatisfaction after multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35:992–7.

10.. Hayashi K, Manabe S-i, Yoshida M, Hayashi H. Effect of astigmatism on visual acuity in eyes with a diffractive multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36:1323–1329

del tipus de lent implantada el rendiment visual després de la cirurgia de cataracta pot estar influït per anomalies de la pel·lícula llagrimall, portant a una pitjor AV..

Altres defectes que poden influir en el resultat de la cirurgia post-cataracta són la presència de cicatrius corneals i pterígions.

- b) **Aberracions i cirurgia prèvia:** amb presència d'aberracions corneals com el Coma, aberració esfèrica o el pròpi astigmatisme poden reduir l'agudesia visual, tant mateix, és important saber que els pacients que han estat prèviament sotmesos a cirurgies làser o queratotomies freqüentment mostren reducció al contrast. La inserció de la LIO sota aquestes còrnies pot crear una pèrdua addicional de AV.
- c) **Pupil·la:** la mida i la forma de la pupil·la és important quan considerem implantar una LIO multifocal. Pacients amb una pupil·la gran, tenen més risc de patir disfunció per enlluernaments. Pacients amb iris atrofics presenten fotofòbia. Pacients amb pupil·la petita presenten un inconvenient alhora d'implantar la LIO. Les pupil·les més complexes com per exemple; excèntriques o amb coloboma poden portar a una disfunció de la LIO i han de ser considerades una absoluta contraindicació.
- d) **Retina:** Avaluant la idoneïtat de una LIO multifocal en presència de malaltia macular depèn d'estabilitat de la malaltia, la progressió esperada de l'efecte en el temps i la disponibilitat i utilitat del tractament. Algunes condicions són absolutes contradiccions per l'ús de les LIO multifocal, com la retinosis pigmentària i la malaltia de Stargardt; les malalties maculars més comunes és presenten afectant un número significatiu de pacients que llavors, el judici clínic es torna fonamental. Els possibles problemes són dos: problemes de la visió per el pacient i visualització deteriorada del fons d'ull per el metge.
- e) **Nervi òptic:** En general qualsevol anomalia del nervi òptic que restringeixi l'AV, la sensibilitat al contrast, la percepció del color o el camp visual poden ser considerades contraindicacions per la inserció de LIO multifocal. Si hi ha alguna anomalia potencialment progressiva que afecti a la funció o l'estructura del nervi la LIO multifocal hauria de ser considerada una contra indicació.

Un cop que s'ha parlat de les indicacions i contra indicacions de implantar una lent intraocular, parlarem de **l'agudesia visual post-implantació de LIO i satisfacció dels pacients**

En el 2012 es va realitzar un estudi comparatiu (*Distance and Near Visual Acuity Improvement After Implantation of Multifocal Intraocular Lenses in Cataract Patients With Presbyopia: A Systematic Review*) on es detallava la millora de l'agudesa visual llunyana i propera després d'implantar una LIO amb pacients amb cataractes. Aquest estudi mostra que la millora de l'agudesa visual en visió llunyana és major que la millora en l'agudesa visual propera. Aquest estudi compara 36 models de LIOS multifocals de diferents marques. Els valors de l'agudesa visual llunyana post-operació són propers a una visió normal, és a dir, 20/20 a l'escala Snelle en 28 dels 36 models de LIOS multifocals comparats. L'agudesa visual propera és pròxima a la visió normal 20/20 en només 6 dels 36 models.

Molts pacients que van amb LIOS són satisfets amb els resultats<sup>11</sup>. Malgrat els efectes adversos esperats després de la implantació, la majoria dels pacients no noten aquestes aberracions però entenen el compromís de qualitat que és requerida per aconseguir no portar ulleres.

Les expectatives poc realistes, l'error refractiu residual, l'opacificació capsular posterior, l'ull sec o les complicacions intraoperatories poden conduir a que el pacient no accepti la LIO.

L'estudi realitzat per Gibbons, Ali, Waren i Donaldson, té com a propòsit avaluar les causes i possibles solucions per a la insatisfacció del pacient després de la implantació de LIOS multifocals.

Aquest estudi recull les dades de 74 ulls operats i inclou el tipus de LIO, la naturalesa de la queixa visual i la millor agudesa visual corregida i no corregida tant de lluny com de prop, les causes de símptomes, els tractaments seleccionats per a cada queixa i presència o absència de millora clínica després del tractament.

La taula 1 resumeix la demografia i presenta les característiques dels pacients inclosos en l'estudi.

---

11. Pepose JS. Maximizing satisfaction with presbyopia-correcting intraocular lenses: the missing links. *Am J Ophthalmol*. 2008;146(5): 641–648.

Dels 49 pacients, 25 d'ells (51%) van presentar queixa bilateral. La principal queixa de 29 pacients (59%) va ser una visió borrosa tant per la distància de lluny com per la de prop, aquest estudi es va veure en 50 ulls (68%).

**Table 1** Demographic characteristics of patients dissatisfied with presbyopia-correcting iOLs presenting to our clinic for evaluation

Demographic characteristic	N (% or range)
eyes	74
age (years)	67.2±9.1
sex	
Male eyes	25 (36.7)
Female eyes	49 (63.3)
Time to presentation (months)	25.5±25.3
Mean manifest refraction	
sphere (D)	-0.6±0.8 (-3.3-1.5)
Cylinder (D)	0.7±0.6 (0-2.5)
Mean se (D)	-0.3±0.8 (-3.0-2.3)

**Abbreviations:** iOL, intraocular lens; se, standard error.

Després de la visió borrosa, les següents queixes més freqüents inclouen fenòmens fòtics, que són els de la següent taula:

**Table 2** Chief complaint of patients presenting to our clinic who were dissatisfied with presbyopia-correcting IOLs

Chief complaint, per eye	N (%)
Blurry/waxy/foggy vision	
Distance and near	50 (67.6)
Only near	16 (21.6)
Only distance	6 (8.1)
Photoc phenomena	
negative dysphotopsia	1 (1.4)
halo/glare	8 (10.8)
Multiple images/ghosting	8 (10.8)

**Abbreviation:** iOL, intraocular lens.

L'agudesia visual llunyana sense correcció va ser en pro mig 20/40, i 20/25 o millor, és va aconseguir en el 26,8% dels ulls. L'agudesia visual llunyana amb correcció va ser en pro mig 20/25 i va ser 20/25 o millor en el 69% dels ulls. (Taula 3)

**Table 3** Presenting visual acuities of patients presenting to our clinic dissatisfied with presbyopia-correcting IOLs

Visual acuity	N (%)	N (%)
<b>Distance acuity</b>	<b>Uncorrected</b>	<b>Distance corrected</b>
20/25 or more	19 (26.8)	49 (69.0)
20/30 or less	52 (73.2)	22 (31.0)
<b>Near visual acuity</b>	<b>Uncorrected</b>	<b>Near corrected</b>
J1 or better	32 (45.1)	61 (85.9)
J2-J3	16 (22.5)	6 (8.5)
J4 or worse	23 (32.4)	4 (5.6)

Abbreviation: IOL, intraocular lens.

El 63% dels ulls tenien una causa preoperatòria per la seva insatisfacció. La principal causa preoperatòria va ser el síndrome de l'ull sec. Un altre grup va tenir una patologia ocular destacable preexistent com; la distròfia endotelial de Fuchs, membrana Epi retinal, edema macular cistoide, DAMAE o estrabisme.

Les causes postoperatòries de la insatisfacció van ser explicades per l'error refractiu residual, que per si mateix, va constituir el 28,4%, i en combinació amb altres causes va explicar el 57% de la insatisfacció.

Les complicacions postoperatòries també van representar algunes causes de insatisfacció; uveïtis, desprendiments de retina i la dislocació de la lent. Es va determinar que 46 ulls, és a dir, el 62%, només tenien una causa per la seva insatisfacció. Els altres 28 ulls, tenien dues (22 ulls, 30%) o tres causes definides (6 ulls 8%). Les reclamacions més freqüents van ser els errors refractius residuals en combinació amb ull sec, (12 ulls 16%).



Es van intentar diferents intervencions segons la causa de infelicitat. La majoria dels pacients van ser tractats medicament, amb tractament del seu ull sec i/o error refractiu residual.

Els pacients amb ull sec es van administrar llàgrimes artificials, llàgrimes de gel o ciclosporina tòpica, depenent de la gravetat de la situació.

L'error refractiu residual és va tractar segons la preferència del pacient amb ulleres o lents de contacte. Els resultats després de la intervenció van variar, el 40% dels pacients va tenir una resolució completa dels símptomes, el 23% es va satisfer parcialment i el 32% es va mantenir completament insatisfet amb els resultats finals.<sup>12</sup>

---

12. Allister Gibbons, Tayyeba K Ali, Daniel p Warren, Kandall E Donaldson (October 11, 2016). *Causes and correction of dissatisfaction after implantation of presbyopia-correcting intraocular lenses*

## 7. CONCLUSIONS

Durant la última dècada hi han hagut desenvolupaments significants en relació a la cirurgia per la presbícia, aconseguir bons resultats però cada modalitat té els seus propis avantatges i inconvenients. Durant els pròxims anys és probable que puguem veure la introducció de diferents LIOS, així com el desenvolupament de nous tractaments i tecnologies per proporcionar als nostres pacients uns millors resultats de visió o fins i tot la possibilitat de restaurar la pròpia acomodació de l'ull prèsbita.

Si l'objectiu de les LIOS multifocals és aconseguir que els pacients siguin menys dependents de les ulleres a partir de la cirurgia, donada l'agudesia visual sense correcció que s'aconsegueix, podem dir que són una via exitosa especialment per l'agudesia visual llunyana.

Els efectes adversos també són una consideració important quan s'avaluen l'èxit de les LIOS multifocals, enlluernament, la baixa qualitat de la visió nocturna, percepció del color, halos, o visió borrosa, aquests són alguns dels possibles efectes que s'ha de tenir en conta alhora de dur a terme una cirurgia en la que implantem una LIO multifocal.

## 8. BIBLIOGRAFIA

1. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17703/Diseño%20fabricación%20y%20control%20de%20lentes%20intraoculares%20multifocales.pdf?sequence=11>
2. <http://www.fotonostra.com/digital/partesojo.htm>
3. <https://www.aaio.org/salud-ocular/tratamientos/lentes-intraoculares>
4. [https://es.wikipedia.org/wiki/Lente\\_intraocular](https://es.wikipedia.org/wiki/Lente_intraocular)
5. <https://www.nuevocristalino.cl/tipos-de-lente-intraocular/>
6. [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/59170/1/tesis\\_veronica\\_mateo.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/59170/1/tesis_veronica_mateo.pdf)
7. [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/7804/43176\\_poyales\\_villamor\\_blanca.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/7804/43176_poyales_villamor_blanca.pdf?sequence=1)
8. [http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/4246/TDUEX\\_2016\\_Sanchez\\_Guillen.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/4246/TDUEX_2016_Sanchez_Guillen.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
9. <https://cofca.com/pacientes/condiciones-visuales/cirugia-de-catarata/cirugia/>
10. <https://www.aapos.org/es/terms/conditions/61>
11. <http://www.revmatanzas.sld.cu/revista%20medica/ano%202003/vol1%202003/tema09.htm>
12. <http://inoftalmic.com/lente-intraocular-multifocal-difractiva/>

13. <http://www.clinicarementeria.es/publicaciones/2013/tipos-de-lente-intraocular-en-la-cirugia-de-catarata.html>
14. <http://www.fisioterapiaparatodos.com/ojos/presbicia-sintomas-gafas-lentillas/>
15. <https://www.nuevocristalino.cl/tipos-de-lente-intraocular/>
16. Raquel Gil-Cazorla, Sunil Shah, Shehzad A Naroo (April 23, 2015) A review of the surgical options for the correction of presbyopia
17. Rosa Braga-Male, MD, FRCSC (September 11, 2013), Multifocal intraocular lenses: Relative indications and contraindications for implantation
18. Niels E. de Vries, MD, PhD, FEBO, Dufy M.M.A. Nuijts, MD, PhD (June 19, 2012) Multifocal intraocular lenses in cataract surgery: Literature review of benefits and side effects
19. Blaise Agresta, MPH; Michael C. Knorz, MD; Thomas Kohohn, MD, PhD, FEBO; Christina Donatti, ClinPsD, MSc; Daniel Jackson, MSc. (September 12, 2011) Distance and Near Visual Acuity Improvement After Implantation of Multifocal Intraocular Lenses in Cataract Patients With Presbyopia: A Systematic Review
20. Allister Gibbons, Tayyeba K Ali, Daniel p Waren, Kandall E Donaldson (October 11, 2016). Causes and correction of dissatisfaction after implantation of presbyopia-correcting intraocular lenses
21. Joaquim Fernandez Roses, Fidel Vega, Francisco Alba-Bueno, María S. Millán (Mayo, 2015). Estudio comparativo de la calidad óptica de lentes intraoculares de diseño esférico y asférico en presencia de errores de inclinación.



22. Pammal T Ashwin, Sunil Shah, James S Wolffsohn. (11 Mayo 2009). Advances in cataract surgery